

日本企業の格付けの決定構造に関する判別分析

Discriminant Analysis on the Determinants of Japanese Companies' Ratings

萩原 統 宏
Motohiro Hagiwara

1. はじめに

格付けは、企業の金融資本市場における資金調達能力に重要な影響を及ぼす情報として、日本国内において今後その重要度が増してゆくことが予想される。しかし、日本企業の中で格付けを取得している企業は少数派である。このような現状において、格付け格差の決定構造に対して財務諸表あるいは資本市場から入手可能な情報に基づいた分析を行うことは、新たに格付けを取得する企業、より高い格付けの取得を志向する企業に対し有益な情報をもたらすと考える。

格付けの決定構造は格付け機関ごとに異なることが考えられ、理論的に推定される性質のものではない。実際、過去において、格付けによる資本市場への影響に対する実証分析は枚挙に暇がない一方で、格付けの決定構造に関する経済学あるいは企業財務論の枠組みに基づいた理論的研究はほとんど存在しなかった。本稿においても、格付けの公表データに対して一群の入手可能な経済変数に基づいて解釈が試みられる。ただし、分析結果から可能な限り一般的な経済的含意を得るため、説明変数は債券価格の決定構造に関する過去の理論的研究に基づいて選択される。具体的には、発行企業の長期的信用リスクの測度である長期債格付けを対象とした分析が行われる。この時、格付けの格差で表象される信用リスク格差の決定要因が、信用リスクを考慮した債券価格モデルである構造モデルに含まれた経済変数に求められる。そして、抽出された要因に基づいて、公表されている格付け格差の決定構造に対して分析が試みられる。最後に、分析結果から経済的含意が導かれる。最初に確認しておくべき点として、本稿は格付けあるいはその格差の決定構造について具体的なモデルを提示するものではなく、理論的根拠を伴う経済変数に基づいて解釈を試みることを目的としている。

ところで、信用リスクを伴う債券価格に関する理論モデル群は、構造モデルと誘導モデル(reduced form model)に大別される。そこでまず、本稿における分析の基礎となる要因が誘導モデルではなく構造モデルに求められる理由について、双方のモデルを簡単に比較した上で説明しておく。

構造モデルに関する初期の主要な研究としては、Merton (1974) が挙げられる。Merton (1974) のモデルは、債券を企業資産に対する状態依存請求権として捉え、利回りの相違をレバレッジ、企業資産価値のボラティリティおよび無危険利子率によって説明した。以降、Merton (1974) の抽象的議論をいくつかの方向性で発展させることを主要な流れとして、一群のモデルが構築されてきた。構造モデルに対する研究需要は実証分析によっても喚起されてきており、Jaffee (1975)、Duffee (1998) は、企業が発行した債券の国債に対する利回りスプレッドと、株式市場の収益率およびマクロの経済循環に関する変数との関係を確認している。しかし、実務において構造モデルを応用することは困難であると評価されている⁽¹⁾。その理由として、まず様々な経済変数と債券の利回りとを関連付ける理論モデルが非線形であることが挙げられる。また、多くの変数が入力値として必要である。このようなモデルの複雑性は、企業資産価値の過程等の経済変数が伴う固有の制約を、モデル構築において内生的に与えようとする試みの結果としてもたらされたと考えることができる。したがって実務においては、比較的単純な構造モデルが金融商品の評価するモデルの基礎として利用されてきた。

もう一つの債券価格モデル群は誘導モデル⁽²⁾と呼ばれ、実務においては構造モデルよりも広く応用されている。これは、対象債券の利回りを類似の満期と格付けを持つ金融商品の観測可能な取引利回りをもとに推定するものである。最近では、頑健な統計学的根拠に基づいて、市場のベンチマークから対象債券の利回りについて類推するモデルが構築されてきており、デフォルト確率に関して多様な関数形を提供している。誘導モデルは実務において有益な成果をもたらしてきたと評価されている一方で大きな制約をもつ。その一つとしてまず、与えられたベンチマークから利回りを類推する際に利用される関数の形状が多様であり、関数形の選び方によって類推される利回りの値が大きく変わってくる。次に、利回り推定の基礎となるベンチマークの選択にも困難が伴う。また、誘導モデルは、債券価格に伴うシステムティックリスク（例えば、景気の下降が企業のデフォルト確率にもたらす影響）を無視する傾向をもつ。

以上の内容をまとめると、構造モデルは資産価値の過程やデフォルト確率に対する経済的制約を内生的に与えることが試みられた結果、モデルの実用性において誘導モデルに比べて困難を伴うこととなった。誘導モデルは構造モデルよりも広く実務において応用されているが、モデル構築の基礎となる仮定が外生的に与えられるために、推定結果が仮定の仕方によって大きな影響を受ける。前述のように本稿の目的は、格付けの格差に対して企業財務論に特徴的な経済的制約を前提とする理論的研究の成果に基づいた解釈を試みることによって、可能な限り一般的な経済的含意を得ることである。このような分析における説明変数は、企業財務論に固有の制約を内生的に考慮した研究である構造モデルに求められるのが適当であると考えられる。したがって本稿は、構

(1) Jones et al., (1984) は Merton (1974) のモデルを米国の社債市場において検証したが、説明力は確認されなかった。

(2) 誘導モデルに分類される主な研究として、Litterman and Iben (1991)、Jarrow and Turnbull (1995)、Duffie and Singleton (1997) 等があげられる。

造モデルに関する最近までの理論的研究において導出され実証分析においても支持されている債券価格の決定要因を、格付け格差に対する説明変数に含めることとする。

本稿の構造について述べる。第2章においては、構造モデルに関する主要な研究および本稿と類似の問題意識を持った研究の成果に基づき、格付け格差に対する決定要因が抽出される。第3章では、2章において抽出された要因を測定する観測可能な数値データが選択、提示される。観測不可能な情報については代理変数が設定される。また、分析手段およびその選択理由が提示される。第4章においては、分析結果の提示とそれに基づく経済的含意の抽出が試みられる。最後に第5章において、本稿の内容が展望される。

2. 格付け格差の決定要因

本章では構造モデルに関する主要な研究および本稿と類似の問題意識を持った研究の示唆に基づき、格付け格差に対する決定要因が抽出される。

Merton (1974) の抽象度の高いモデルを実際のデータに適用するのは困難であることは、後続の研究によって指摘されてきた。以後の構造モデルの研究は、Merton (1974) による状態依存請求権に基づくモデルの抽象性を緩和することを主な方向性として展開されてきた。この方向性にしがった最近の研究群は3つに大別できる。まず1つ目は、ゲーム理論を企業倒産の過程に適用し請求権順位の逆転をもたらす可能性⁽³⁾を考慮した研究である (Anderson and Sundaresan (1996) 等)。次に、企業資産売却の意思決定をオプション理論の枠組みで捉える研究 (Mella-Barral and Perraudin (1997)) がある。最後に、Black and Cox (1976) における仮定を部分的に取り入れながら、株式の市場価値がゼロになる点を倒産として内生的に与える研究⁽⁴⁾ (Leland (1994), Leland and Toft (1996)) が挙げられる。

Anderson and Sundaresan (2000) は Merton (1974), Leland (1994), Anderson and Sundaresan (1996) および Mella-Barral and Perraudin (1997) のモデルを一般的な枠組みで整理している。具体的には、4つのモデルが永久利払い債の価格として与える解は

$$B = \frac{cP}{r}(1-P_d) + P_d \max(\theta V_L - K, 0) \quad (2-1)$$

B : 債券価格 c : 利率 P : 額面 r : 無危険利子率 θ : 限界回収率 K : 倒産費用 (固定値)
 P_d : デフォルトの発生確率 V_L : デフォルトが起こる企業価値のしきい値

(3) Franks and Torous (1989, 1994) 等の多くの研究によれば、企業が経営不振に陥り、資産の再構成が実行された事例群において、株主と債権者の請求権順位が維持された例は稀であることが示されている。

(4) Black and Cox (1976) は、企業の資産価値がある低位のしきい値に達した時にデフォルトが起きると仮定している。この仮定は、自己資本に対する規制やキャッシュフローのミスマッチによってデフォルトが起きる可能性を想定していることになる。これによって、Black and Cox (1976) は現実の利回りスプレッドに対して従来の研究よりも高い説明能力をもった。しかし、資金提供者間の請求順序がデフォルトにおいて変化する可能性は想定されていない。

なる形状を持つと捉えられる⁽⁵⁾。つまり債券価格は、無危険債券の価値とデフォルトしない確率の積に、デフォルト時の担保価値とデフォルト確率の積を加えたものとして与えられる。上記4つのモデルは、(2-1)におけるデフォルト確率とデフォルト時の担保価値に対する仮定の仕方において特徴を持つ。

初期のモデルである Merton (1974) は、倒産価値を 0 ($\theta=0$, $K=0$) と仮定した上で、デフォルト確率を

$$P_d^M = \frac{(2cP/\sigma^2 V)^{(2r/\sigma^2)}}{\Gamma(2+2r/\sigma^2)} M\left(\frac{2r}{\sigma^2} \cdot 2 + \frac{2r}{\sigma^2} \cdot \frac{-2cP}{\sigma^2 V}\right) \quad (2-2)$$

V : 企業の資産価値

σ^2 : 企業資産価値の分散

$\Gamma(\cdot)$: ガンマ関数

$M(\cdot)$: confluent hypergeometric function

によって与えている。

これに対して、より最近の研究群はデフォルト確率および回収可能価値を内生的に与える。Leland (1994) および Anderson, Sundaresan and Tychon (1996)⁽⁶⁾ におけるデフォルト確率は、いずれも

$$P_d = \left(\frac{V}{V_L}\right)^\gamma \quad (\gamma = 0.5 - (r-\beta)/\sigma^2 - \sqrt{((r-\beta)/\sigma^2 - 0.5)^2 + 2r/\sigma^2} < 0) \quad (2-3)$$

β : cashflow payout ratio⁽⁷⁾

なる形状の関数によって与えられるが、 V_L の与え方について、

Leland (1994):

$$\beta = 0, K = 0, V_L = \frac{cP}{(r+0.5\sigma^2)} \quad (2-4)$$

Anderson, Sundaresan and Tychon (1996):

$$V_L = \frac{cP/r + K}{\theta(1-1/\gamma)} \quad (2-5)$$

なる相違を持つ。

Anderson and Sundaresan (2000) は、米国の社債市場における利回りスプレッドのデータを用いて上記のモデルを比較した。その結果、Merton (1974) よりも最近の研究群の方が、モ

(5) Anderson and Sundaresan (1996) は永久利払い債の場合について、後の Mella-Barral and Perraudin (1997) が導く解の特殊な場合に当たる方程式を導いている。(2-1)によって整理可能なのはこのモデルであり、Anderson and Sundaresan (1996) および Mella-Barral and Perraudin (1997) モデルの特殊な場合として捉えられる。

(6) 離散時間を前提とする Anderson and Sundaresan (1996) に対して、連続時間を導入することによって改善を行っている。

(7) Leland (1994) および Anderson, Sundaresan and Tychon (1996) は、企業価値過程のドリフト項を $(\mu-\beta)V$ で与えている。Merton モデルは、この値を 0 と仮定していることになる。

デルによって与えられる利回りスプレッドと実際のスプレッドとの相関がより高いことが確認され、モデルの改善がもたらされていることが結論づけられている。

上記のモデル群がデフォルトリスクについて記述するためにもちいた変数を列挙する。資産価値のしきい値を記述するための変数として、

- ・企業資産価値 (V)
- ・資産価値の分散 (σ^2)
- ・無危険利子率 (r)
- ・社債の利払金額 (cP)
- ・payout ratio (β)

デフォルト時の回収可能価値を記述する変数として、

- ・倒産コスト (K)
- ・限界回収率 (θ)

が抽出された。payout ratio, 倒産コスト, 限界回収率の3つの変数は Merton モデルには登場せず、最近の研究において採用された変数である。

Trussel (1997) は問題意識において本稿と異なるが、本稿にとって有益な示唆を含んでおり、また興味深い分析結果を提示している。Trussel は、オプション価格理論を応用して⁽⁸⁾ 企業のデフォルト確率の推定モデル

$$P = 1 - N([\ln(V/V_L) + (\mu - 0.5\sigma^2)\tau] / \sigma\sqrt{\tau}) \quad (2-6)$$

μ : 企業価値の期待収益率

τ : 負債の残存期間

を提示した。そして、しきい値、企業資産価値、企業資産価値の予想収益率、企業価値の分散に対する測度としての $\ln V_L$, $\ln V$, $\mu\tau$, $0.5\sigma^2\tau$ を説明変数として、スタンダードアンドプアーズ社による長期格付け (1995 年時点) に対して重回帰分析が行われている。その結果、格付け格差の 54.4% が説明可能であることと、異なる格付けを持つ企業について推定デフォルト確率に有意な差が確認されたことに基づいて、(2-6) が推定モデルとして有意義であることが主張されている。

Trussel モデルの特徴は、企業資産の期待収益率を変数として含んでいることである。この変数は前述の構造モデルにおけるデフォルトリスクの定式化においては考慮されていない。しかし、この変数は格付けに対する重回帰分析において非有意であることが確認されている。したがって、本稿は収益率の期待値を格付け格差に対する説明変数として採用しないこととした。

Trussel の分析については改善可能な4つの点が挙げられる。1つめとして、Trussel は企業価値のしきい値として負債の額面を選択している。これによれば、Anderson and Sundaresan

(8) Trussel は、企業価値の確率過程の導出作業については、Cox and Miller (1965), Vigeland (1982) に依拠している。

(1996)を含む最近の研究群が想定する、デフォルト時における請求権順序逆転の可能性が考慮されていない。2つめとして、Trusselは重回帰分析の非説明変数としてAAAからDまでの格付けに等間隔の数字(2から27まで)を付与している。この点は仮定の域を出ず、また分析結果に対して影響を与える可能性が考えられるため、緩和を試みることは有意義である。3つめは、全ての格付けに対して単一の線形モデルによって重回帰分析が試みられている点である。これによれば、異なる水準の格付け格差(例えば、AAAとAA、BBBとBB)について、各説明変数の相対的な説明能力に相違が有る場合⁹⁾に検出不可能である。最後に、分析対象となるデータを1995年に限らず複数の時点にわたって選択することによって、データ入手時点に依存しない、より一般的な含意を得られることが期待される。本稿は、以上4つの点を踏まえた上で分析手法が選択される。

本章の議論をまとめるならば、本稿は、構造モデルに関する過去の一連の研究による信用リスクに関する含意に基づき、

- ・企業資産価値 (V)
- ・資産価値の分散 (σ^2)
- ・無危険利子率 (r)
- ・社債の利払金額 (cP)
- ・payout ratio (β)
- ・倒産コスト (K)
- ・限界回収率 (θ)

なる要因群が、格付け格差の決定に影響を及ぼしているものとする。ただし、これらの要因のみによって格付け格差が決定され则认为しているわけではない。それらの要因あるいはその代理変数が格付け格差に対してどれほどの説明力をもつのかについても、後章で示される結果に含まれる。

3. データと分析手法

後章の分析において用いられるデータ及び手法について説明する。

3-1 データ

分析対象である格付けデータは、ムーディーズ社(以降、Moody'sと略記)による、東京証券取引所に上場されている日系事業法人に付与された発行体格付け、発行体格付けが付与されていない場合には長期優先債券格付けが選ばれる。格付けデータの抽出対象期間は1996年4月から2000年1月までであり、勝手格付けおよび依頼格付けの区別は行われない。異なる格付け機

(9) 例えば、AAAとAAの格差に対して、ある説明変数は他のある説明変数に比べて説明力が高いが、BBBとBBの格差については逆になるような状況を指す。

関による格付けの決定構造は異なることが考えられるため、分析は個別に行われる。上記の対象期間の選択根拠は3つある。一つめは、分析を行うためにはある程度以上の標本数が必要である⁽¹⁰⁾こと、二つめは、異なる格付け機関の決定構造について比較するためには同一期間における標本に基づくことが適当と考えたこと、最後に1995年末の適債基準の撤廃以降に発行されるようになった、投機的格付けの債券を分析対象に含めるよう考慮したことである。

本稿の分析は、格付け格差に対する説明変数に個別企業の財務データを含むため、個々の格付けデータとそれに対する説明変数を提供する公表財務データと対応させなければならない。また、格付けの決定時点についても定義されなければならない。これらの作業は、下記の基準にしたがう。

- ・格付けデータの出所は、Moody's 格付け月報による。
- ・連続する2つの本決算期に伴う株主総会（財務諸表の公開）の間において、既に付与されている格付けに変更がなかった場合には、直前に公開された財務データを対応させる。この場合の格付け決定時点は、決算月から4ヶ月後の月初であると仮定する。本稿は、全ての企業の格付けが決算に伴う情報公開の後に必ず見直されることを仮定する⁽¹¹⁾。
- ・上記の期間において新規に格付けが付与された場合には、直前に公開された財務データを対応させる。格付け決定時点としては、データの出所に記載された時点を仮定する。
- ・上記の期間において格付けの変更が行われた場合には、直前に公開された財務データを対応させる。連続する2つの財務諸表公開時点の間に複数回の格付けの変更が行われた場合には、変更後の全ての格付けデータについて直前に公開された財務データを対応させる。格付け決定時点については、上記の新規格付けの場合と同じである。

本稿の分析において説明変数として用いられる財務データは全て、有価証券報告書の中から抽出される。

資産価値（V）としては貸借対照表の資産合計、社債の利払い金額としては損益計算表の支払利息が選ばれる。

資産価値の分散（ σ^2 ）は、企業が多くの市場性の乏しい資産を多く保有しているために直接に算出することは困難である。そこで本稿は、株価収益率の分散に基づく推定値として、

$$\sigma^2 = (\text{株価日次収益率の分散}) \cdot (\text{自己資本比率}^{(12)})^2 \quad (3-1)$$

を算出し代理変数として採用する。この変数は、負債価値の分散を0とした場合の、総資産価値の日次収益率の分散を意味する。株価収益率の分散の計算期間としては、分析対象である格付け

(10) 1996年4月時点において、Moody'sによって格付け（本稿の基準に従う）が付与された事業法人の数は、199社であった。この数値は、1996年4月以降現在（2000年6月）に至るまで、両社について順調な増加傾向にある。

(11) 例えば、3月決算の企業の格付けが複数会計年度にわたって不変である場合、毎年7月初めに当該格付けが決定しなおされていると捉える。

(12) （資本合計）／（資産合計）によって算出。

の決定時点直前の格付け決定時点から、当該格付け決定時点までの期間が選ばれる。

倒産コスト (K) および限界回収率 (θ) の実際のデータについては入手困難である。そこで本稿は、流動資産売却によって回収可能な長期固定負債の額面に対する割合 (百分率)

$$COLLAT = (\text{自己資本} + \text{固定負債} - \text{固定資産}) / \text{固定負債} \times 100 \quad (3-2)$$

を代理変数として用い、以降、これを回収可能性と呼ぶ。この変数は正負双方の値をとり、正の場合、長期負債の額面に対する回収可能割合を意味し、負の場合、流動資産の売却だけでは全く回収不可能であることを意味する。

ペイアウトレシオ (payout ratio, β) は、企業資産が生み出すキャッシュフローと社債の利息 (あるいは償還金) として支払い可能な利益との差額の総資産に対する割合を指すと捉えられる。この割合は、キャッシュフローの具体的定義に関わらず、社債の利息 (あるいは償還金) として支払い可能な利益の総資産に対する割合との相関係数が -1 になる。社債の支払利息は営業外費用として計上されることから、本稿は支払可能な利益の総資産に対する割合を、

$$PAYABLE = (\text{営業損益} + \text{営業外収益} + \text{減価償却実施額}^{(13)}) / \text{総資産} \times 100 \quad (3-3)$$

によって算出する。以降、この変数は支払い可能性と呼ばれる。

無危険利子率 (r) としては、格付け決定時点における長期日本国債 (指標銘柄) 利回りを選ぶ。

ここまで述べられた条件に基づき、本稿は 635 件⁽¹⁴⁾ の標本を抽出した。抽出された標本の格付けの分布および、対応する説明変数の基本統計量を表 1, 2 に示す。

3-2 分析の方針

本稿は、様々な格付けに属する標本群に対して判別分析を行う。この分析手法を選んだ理由として、まず、順序のみが意味を持つ格付けを非説明変数とするに当たって数値を仮定する必要が無いことが挙げられる。また、後で具体的に述べることでもあるが、格付けの決定構造について理論的に導出されたモデルが無い場合に、前述の経済変数による格付けの格差に対する説明力を確認する目的において豊富な経済的含意が期待される手法であることが挙げられる。

本稿における分析方針を次に示す。

- (1) 同一の格付け水準に属する標本群について群間差の有無を検定する。群間差の存在は、それらの群について判別分析を行うことに意義を与える。
- (2) (1)において、群間差が確認された群間において判別分析を行い、有意性な説明変数を抽出

(13) 注記項目の中に記載されている減価償却実施額。

(14) 列記した条件のみに従えば、実際には 858 件のデータが抽出される。しかし、資産価値の分散の計算期間に関する仮定 (後述) により、抽出期間中、最初に決定時点を迎える格付けについては分散が計算不可能であるために分析対象に含めることができず、標本数が減少した。

する。また、有意性が確認された変数の係数の符号を調べ、判別能力の測定も行う。

上記(2)における判別分析に先立ち、各変数の係数の符号について推定しておく。より高い格付けを持つ企業はデフォルト確率がより低くなるとすれば、2章で列挙した要因は、格付けの決定に対して影響を及ぼすと考えられる。そこで(2-3)(2-4)(2-5)に基づいて、各変数のデフォルト確率 P_d ((2-3) 式) に対する微係数の符号について推定を試みる。この符号が正であるならば、その変数はより高い格付けの企業においてより高い値を持ち、符号が負であるならば、逆の関係が成り立つことが推定される。

資産価値 V については(2-3)より、

$$\frac{\partial P_d}{\partial V} < 0 \quad (3-4)$$

である。 $\frac{\partial P_d}{\partial \sigma^2}$ の符号は、Leland モデルの場合、 r , β の水準および差に依存して一意に定まらないが、Anderson et al. モデルの場合、

$$\frac{\partial P_d}{\partial \sigma^2} > 0 \quad (3-5)$$

が導かれる。無危険利子率 (r)、payout ratio (β) については、Leland モデル、Anderson et al. モデル双方の場合に

$$\frac{\partial P_d}{\partial r} < 0^{(15)} \quad (3-6)$$

$$\frac{\partial P_d}{\partial \beta} > 0^{(16)} \quad (3-7)$$

なる性質が得られる。支払可能性 (*PAYABLE*) は payout ratio との相関係数が -1 であるから、デフォルト確率 P_d に対する微係数の符号は負になると推定される。社債の利払い金額 (cP) については、Leland モデル、Anderson et al. モデル双方の場合に

$$\frac{\partial P_d}{\partial (cP)} > 0 \quad (3-8)$$

である。

回収可能性 (*COLLAT*) については、(2-3) と直接の関連をもたない。しかし、デフォルト時の回収可能価値を考慮して格付けが決定されているとすれば、より高い格付けの企業についてより高い回収可能性を伴うことが推定される。

Leland モデルにおける $\frac{\partial P_d}{\partial \sigma^2}$ の符号、(3-6)(3-7) の性質は、他の変数の水準に依存して得られるものである。このことは、各変数の格付けの決定構造に対する説明力が格付けの水準に依存

(15) Anderson et al. モデルの場合、この不等式は一般的な性質ではなく、各変数について現実的な値の範囲を想定する場合において成り立つ。

(16) Anderson et al. モデルの場合、倒産コストおよび回収に伴う損失を考慮した下で企業が債務超過の状態には無い ($(cP/r+K)/(\theta V) < 1$) という仮定のもとで導かれる。

して変化することを示唆していると考えられる。

より格付けの高い企業はデフォルト確率がより低いという前提の下で推定内容をまとめるならば、格付けの上昇に対する各変数の微係数の符号は、総資産、支払可能性、回収可能性、無危険利子率について正、支払金利、分散について負と推定される。

4. 分析および結果

4-1 群間差の有無について

異なる格付けに属する標本群間に差があるかどうか検定する。判別分析は群間に差があることを前提として行われるから、分析に先だって群間差の有無について検定しておくことは分析に意義を与える。

標準化した説明変数 X_1, X_2, \dots, X_g の相関行列を R 、級間変動を M とするならば、

$$\Lambda \equiv \frac{|R-M|}{|R|} \quad (4-1)$$

は、Wilks の Λ 統計量と呼ばれる。 $||$ は行列式を表す。すると、

$$F = \frac{\nu_2}{\nu_1} \cdot \frac{1 - \Lambda^{\frac{1}{h}}}{\Lambda^{\frac{1}{h}}} \quad (4-2)$$

p : 変数の数 g : 群数 n : すべての群に含まれる標本数合計

$$h \equiv \begin{cases} \sqrt{\frac{p^2(g-1)^2-4}{p^2+(g-1)^2-5}} & p^2+(g-1)^2 \neq 5 \text{ の場合} \\ 1 & p^2+(g-1)^2 = 5 \text{ の場合} \end{cases}$$

$$\nu_1 = p(g-1)$$

$$\nu_2 = \left\{ (n-1) - \frac{p+g}{2} \right\} h + 1 - \frac{p(g-1)}{2}$$

なる統計量は、

仮説 H_0 : 群間に差が無い

が成り立つ条件の下で近似的に自由度 (ν_1, ν_2) F 分布にしたがう⁽¹⁷⁾。この検定を、群に関する3種類の分類の下で行った。検定結果を表3に示す。

この表によれば、多くの格付け水準、大分類、および投資適格と投機的格付けに属する標本群について群間差の存在が認められたが、Baa2 と Baa3、Baa3 と Ba2 の群間差および Ba2 から Caa1 までの群間相互の差が認められなかった。この結果は、Ba1 以上の格付け格差に対しては

(17) この検定手法は、Rao の F 分布による近似法と呼ばれる。

判別分析を行う意義が存在することと、本稿における6つの説明変数は特にBa2以下の格付け格差について説明不可能であることを示している。次節の判別分析は、Ba2以下の格付けに属する標本群を一つの群として行われている。

4-2 判別分析および判別能力

AaaからBa2以下までの12の群を対象とした判別分析を行う。本稿では、判別関数として線形の判別関数が仮定される。また、判別関数は説明変数の数と同数の判別関数が導出可能であるが、本稿は最大の固有値⁽¹⁸⁾に対応する判別関数のみを採用する。これらの仮定は、分析の目的が判別の正答率を高めることではなく、分析結果からより多くの経済的含意を得ることであることによる。判別分析は隣接する格付けについて行われる。これは、格付け格差の決定構造が上位のものと下位のものと異なる可能性を考慮し、決定構造の特徴について詳細に分析するためである。

分析を行う前に変数間の相関係数を算出した結果、表4-1に示すように総資産額と支払金利との相関が高かった(0.821)。そこで支払金利を変数から削除し、残りの5つの変数に基づいて分析を行った。判別分析の結果を表4-2、有意性が確認された係数の符号を表4-3に示す。

表4-3に示された判別係数の符号については、総資産、支払可能性、回収可能性、無危険利子率、分散については複数の格付け格差について、3-2における推定結果と整合性が確認された。Trusselモデルと本稿との共通の変数は総資産額と資産価値の分散であるが、それらの係数の符号については同様の結果が得られた。

格付けの決定構造は、格付けの水準によって異なることが確認された。支払可能性、回収可能性は上位から下位までの格付けの決定に影響を及ぼしているが、他の3つの変数は比較的上位の格付けの決定に影響を及ぼしている。この結果は、既に格付けを取得し、格付けの向上を志向する企業に対して有益な情報をもたらすと考える。

表4-2右端の正答率は、隣接する一対の格付けにおいて正しく判別された標本の割合を示している。いずれの群間についても、ボックスM検定により分散共分散行列は等しくないと判断されたため、判別は判別得点ではなくマハラノビス距離

$$D^2 = (x - \mu)' \Sigma^{-1} (x - \mu) \quad (4-3)$$

x : 判別対象の標本を表す(列)ベクトル

Σ : 距離計算の対象群の分散・共分散行列

μ : 距離計算の対象群の中心を表す(列)ベクトル

に基づいた。Aaa群については分散共分散行列が逆行列を持たず距離を計算できなかったため、Aa1との間で判別を行えず、正答率を算出できなかった。

(18) 判別関数の係数は、変数の級間変動の逆行列と相関行列との積の固有ベクトルとして得られる。したがって、判別関数は、変数の数と同数だけ得られる。

5. おわりに

本稿は、まず信用リスクを伴う債券価格モデルである構造モデルの過去の研究成果に基づいて、デフォルト確率を決定する6つの変数を抽出した。次に、それらの変数に基づき、格付けの格差の決定要因に対して判別分析という手法を用いて説明を試みた。最後に、異なる格付けに属する標本群間の距離を算出して、格付けに基底的数値を当てはめて分析対象とすることの妥当性について確認を試みた。その結果、下記の結果が得られた。

- (1) Aaa から Ba1 までの格付けに関して群間差が確認された一方、Ba2 以下の格付けについては、確認されなかった。
- (2) 隣接する格付け間で判別分析を行ったところ、いずれも 50% を超える正答率が得られた。
- (3) 判別係数の符号は、多くの格付け水準において構造モデルの与えるデフォルト確率モデルの性質と整合性をもつことが確認された。
- (4) 上位の格付けと低位の格付けでは、決定構造に相違があることが確認された。

参考文献

- Anderson, R. and Sundaresan, A., 1996, Design and valuation of debt contracts, *Review of Financial Studies* 9, 37-68,
- Anderson, R. and Sundaresan, A., 2000, A comparative study of structural models of corporate bond yields: An exploratory investigation, *Journal of Banking & Finance* 24, 255-269,
- Anderson, R. Sundaresan, A. and Tychon, P., 1996, Strategic analysis of contingent claims, *European Economic Review* 40, 871-881,
- Black, F. and Cox, J. C., 1976, Valuing corporate securities: Some effects of bond indenture provisions, *The Journal of Finance* 31, 351-368,
- Cox, D. and Miller, H., 1965, *The Theory of Stochastic Processes* (Wiley, New York).
- Duffee, G. R., 1998, The relation between treasury yields and corporate yield spreads, *The Journal of Finance* 53, 2225-2243,
- Duffie, D. and Singleton, K., 1997, A model of term structure of interest rate swap yields, *The Journal of Finance* 52, 1287-1321,
- Franks, J. R. and Torous, W., 1989, An empirical investigation of U.S. firms in reorganization, *The Journal of Finance* 44, 747-769,
- Franks, J. R. and Torous, W., 1994, A comparison of financial restructuring in distressed exchanges and Chapter 11 reorganizations, *Journal of Financial Economics* 35, 349-370,
- Jaffee, D., 1975, Cyclical variations in the risk structure of interest rates, *Journal of Monetary Economics* 1, 309-325,
- Jarrow, R. A. and Turnbull, S., 1995, Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk, *The Journal of Finance* 50, 53-85,
- Jones, E. P., Mason, S. P. and Rosenfeld, E., 1984, Contingent claims analysis of corporate capital structures: An empirical analysis, *The Journal of Finance* 39, 611-625,
- Leland, H., 1994, Risky debt, bond covenants and optimal capital structure, *The Journal of Finance* 49, 1213-1252,

- Leland, H. and Toft, K., 1996, Optimal capital structure, endogeneous bankruptcy and the term structure of credit spreads, *The Journal of Finance* 51, 987-1019,
- Litterman, R. and Iben, T., 1991, Corporate bond valuation and the term structure of credit spreads, *Journal of Portfolio Management* (spring) , 52-64,
- Mella-Barral, P. and Perraudin, W., 1997, Strategic debt service, *Journal of Finance* 52, 531-556,
- Merton, R. C., 1974, On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates, *Journal of Finance* 29, 449-470,
- Trussel, J., 1997, Default probability on corporate bonds: A contingent claims model, *Review of Financial Economics* 6, 199-209,
- Vigeland, R., 1982, Dilution of earnings per share in an option pricing framework, *Accounting Review* 57 (April) , 348-357,

表1 基本統計量（格付けの分布の推移）

	全 期 間	1996 (4月以降)	1997	1998	1999	2000 (1月のみ)
Aaa	6	0	6	0	0	0
Aa1	18	0	7	7	4	0
Aa2	17	0	5	3	9	0
Aa3	32	0	5	7	20	0
A1	34	0	16	9	9	0
A2	58	1	19	16	22	0
A3	69	0	18	24	27	0
Baa1	58	0	20	16	22	0
Baa2	87	0	30	30	27	0
Baa3	95	0	23	34	38	0
Ba1	41	0	14	12	15	0
Ba2	37	0	6	15	16	0
Ba3	48	0	14	14	19	1
B1	21	0	4	6	11	0
B2	9	0	1	3	5	0
B3	3	0	0	1	2	0
Caa1	2	0	0	1	1	0
Caa2	0	0	0	0	0	0
Caa3	0	0	0	0	0	0
Ca	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0
標 本 数	635	1	188	198	247	1

表 2 基本統計量

	標本数	基本統計量	総資産 (百万円)	支払金利 (百万円)	支払可能性 (%)	回収可能性 (%)	無危険利子率 (%)	分 散
全 体	635	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1318252 1848585 14136951 77896	18951 49693 498829 0	8.360 3.803 22.421 -2.793	237.695 1473.635 21076.078 -145.256	1.782 0.467 2.545 0.820	1.073 1.237 9.085 0.003
Aaa	6	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	7702322 4410958 13959837 1224104	174119 169327 470186 1337	13.695 3.088 19.524 11.463	78.493 143.715 268.744 -19.401	2.370 0.000 2.370 2.370	0.392 0.466 1.124 0.013
Aa1	18	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	4728629 4076745 14078383 1253598	96704 121195 498829 1162	13.308 2.142 19.246 10.729	38.453 101.755 278.508 -26.240	1.741 0.604 2.370 0.820	0.666 1.086 4.050 0.018
Aa2	17	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	5607149 3899255 14136951 987594	155338 158598 498829 1305	10.528 2.373 13.300 6.092	26.745 73.988 234.293 -23.694	1.826 0.417 2.370 1.320	0.349 0.412 1.197 0.010
Aa3	32	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1722177 1281289 4131646 314321	31606 42070 132356 474	12.794 4.037 22.421 6.597	82.772 142.464 461.500 -50.692	1.690 0.401 2.370 0.820	0.966 1.102 3.456 0.012
A1	34	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1323348 1411175 5580875 379589	13422 17224 69647 19	10.976 4.402 20.293 3.139	1957.244 5235.254 21076.078 -6.858	1.944 0.423 2.370 1.320	1.821 1.915 7.107 0.016
A2	58	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1410198 1380193 5686155 209613	10379 13351 55765 20	9.488 4.011 20.516 2.720	398.624 1400.211 10078.694 -29.914	1.842 0.466 2.440 0.820	1.487 1.628 9.085 0.010
A3	69	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1078358 1118950 4965733 149324	10783 16038 65851 0	8.541 3.170 16.094 -0.345	128.628 178.128 1207.409 -15.366	1.747 0.468 2.370 0.820	1.095 1.134 4.602 0.022
Baa1	58	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1113017 1003320 3781384 77896	9554 10308 40035 0	7.770 2.775 12.890 0.869	48.354 68.517 198.580 -114.426	1.847 0.453 2.370 0.820	0.772 0.727 3.557 0.030
Baa2	87	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	823987 832691 4230378 153629	8299 12471 70970 0	8.121 2.686 15.676 2.636	391.642 1654.946 10299.781 -130.636	1.820 0.482 2.545 0.820	1.222 1.329 8.925 0.028
Baa3	95	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	796065 807306 3661093 120949	8136 9274 35115 220	7.982 3.109 14.539 2.436	53.945 73.047 283.395 -67.945	1.718 0.463 2.370 0.820	1.161 1.098 4.718 0.005
Ba1	41	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	953259 1059443 4212826 125973	12322 14875 65184 147	6.767 3.316 18.137 0.461	67.869 134.345 582.134 -64.581	1.837 0.427 2.370 0.820	0.987 1.255 5.676 0.025
Ba2	37	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	753650 878179 3697769 129427	10924 15284 65184 417	7.185 3.948 17.461 -2.793	39.560 110.763 582.134 -143.566	1.655 0.486 2.545 0.820	1.190 1.225 6.261 0.046
Ba3	48	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	848977 1317313 6456878 108486	7917 10524 61440 0	5.550 2.643 10.841 0.381	31.445 131.824 810.525 -145.256	1.797 0.468 2.545 0.820	0.883 1.092 6.684 0.011
B1	21	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1024203 1425632 6190950 109769	12290 16229 60890 0	5.235 2.879 11.255 -0.682	27.213 32.303 83.739 -51.129	1.622 0.460 2.370 0.820	0.608 0.797 3.564 0.003
B2	9	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	784848 402318 1302397 213628	12343 6841 21562 1711	3.748 1.622 7.394 1.539	-14.689 47.109 44.775 -73.374	1.591 0.432 2.370 0.820	0.450 0.448 1.426 0.004
B3	3	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1250842 488145 1559332 688049	18631 8078 25054 9562	3.472 1.211 4.810 2.449	-28.750 25.880 -7.053 -57.395	1.595 0.259 1.835 1.320	0.119 0.057 0.175 0.060
Caal	2	平 均 値 標準偏差 最 大 値 最 小 値	1112686 177670 1238317 987054	15326 1211 16182 14469	3.312 0.367 3.571 3.052	8.423 48.904 43.003 -26.157	1.328 0.718 1.835 0.820	0.407 0.401 0.691 0.123

表 3 群間差の有無に関する検定

***：有意水準 1%のもとで有意 **：有意水準 5%のもとで有意 *：有意水準 10%のもとで有意

	Aaa	Aa1	Aa2	Aa3	A1	A2	A3	Baa1	Baa2	Baa3	Ba1	Ba2	Ba3	B1	B2	B3
Aa1	4.299***															
Aa2	2.845**	2.153*														
Aa3	10.25***	2.85**	5.07***													
A1	9.275***	5.435***	5.82***	4.623***												
A2	16.71***	10.43***	9.319***	6.902***	2.874**											
A3	24.12***	16.14***	15.28***	12.12***	6.712***	3.094***										
Baa1	22.69***	16.09***	13.84***	13.39***	9.124***	3.69***	2.746**									
Baa2	33.65***	21.24***	23.9***	18.57***	9.182***	6.888***	1.307	2.114*								
Baa3	44.14***	21.24***	23.23***	17.8***	12.42***	7.122***	4.934***	2.054**	1.075							
Ba1	22.06***	15.59***	15.94***	13.41***	8.018***	6.421***	3.235***	3.632***	1.905*	2.007*						
Ba2	21.45***	14.68***	15.11***	11.56***	9.648***	8.433***	5.788***	6.355***	4.584***	1.801	2.354**					
Ba3	29.28***	28.18***	23.1***	26.87***	17.74***	10.9***	9.408***	4.58***	5.981***	5.379***	2.23**	1.69				
B1	17.93***	18.28***	14.41***	13.93***	9.825***	6.526***	4.664***	3.271***	4.187***	4.717***	1.548	1.204	0.917			
B2	8.784***	23.89***	18.31***	12.48***	8.683***	6.337***	5.593***	5.946***	6.75***	7.796***	3.074**	1.73	1.528	1.867		
B3	2.388	14.19***	7.619***	3.936***	3.126**	2.278**	1.745	2.593**	2.314**	3.372***	1.047	0.791	0.843	1.658	1.194	
Caa1	0.986	10.78***	5.395***	3.142**	2.723**	1.818	1.413	1.748	1.705	1.659	1.004	0.873	0.75	0.276	0.533	N.A.

大分類の場合

	Aaa	Aa	A	Baa	Ba
Aa	4.551***				
A	33.28***	21.18***			
Baa	57.92***	41.52***	9.176***		
Ba	41.87***	41.57***	14.94***	5.221***	
B 以下	28.55***	28.68***	13.87***	11.14***	3.359***

投資適格と投機的格付けについて

	投資適格（Baa3 以上）
Baa3 未満	18.77***

表 4-1 変数間の相関係数

	総 資 産	支 払 金 利	支払可能性	回収可能性	無危険利子率
支 払 金 利	0.821				
支払可能性	0.062	0.112			
回収可能性	-0.059	-0.059	0.137		
無危険利子率	-0.046	-0.025	0.050	0.015	
分 散	-0.259	-0.240	0.194	0.332	-0.200

表4-2 判別分析の結果

	総 資 産	支払可能性	回収可能性	無危険利子率	分 散	定 数 項	正答率 (%)
Aaa	0.000	-0.021	0.036	5.738	-2.607	-17.254	N.A.
Aa1	12.490***	0.003	10.990***	14.394***	4.269*		
	0.000	0.591	-0.001	-0.039	0.159	-6.277	78.04
Aa2	1.281	10.652***	0.030	0.002	0.040		
	0.000	-0.129	0.002	1.697	-0.253	-3.796	73.82
Aa3	18.760***	1.026	0.134	2.607	0.154		
	0.000	0.210	0.000	-2.433	-0.625	2.547	72.73
A1	0.754	6.734**	1.881	9.991***	7.632***		
	0.000	0.087	0.000	0.701	0.057	-2.657	58.94
A2	0.551	1.819	2.766	1.655	0.119		
	0.000	0.104	0.000	0.746	0.317	-3.324	61.04
A3	8.312***	2.848*	0.001	3.156*	2.598		
	0.000	0.059	0.004	-0.434	-0.027	-0.197	59.60
Baa1	0.497	0.697	6.202**	1.062	0.011		
	0.000	-0.010	0.000	0.114	-0.238	-0.124	60.68
Baa2	1.393	0.023	0.143	0.083	1.280		
	0.000	0.006	0.000	0.492	-0.014	-1.073	57.67
Baa3	0.444	0.011	3.085*	1.938	0.008		
	0.000	0.107	-0.003	-0.579	0.148	0.456	58.32
Ba1	1.033	2.788*	0.871	1.527	0.426		
	0.000	0.145	0.005	0.663	-0.277	-2.280	58.77
Ba2 以下	1.414	4.986**	4.616**	2.349	0.989		

上段：判別係数 下段：F 値 ***：有意水準 1%で有意 **：有意水準 5%で有意 *：有意水準 10%で有意

表 4-3 判別係数の符号

	総 資 産	支払可能性	回収可能性	無危険利子率	分 散
Aaa					
Aa1	+		+	+	-
Aa2		+			
Aa3	+				
A1		+		-	-
A2					
A3	+	+		+	
Baa1			+		
Baa2					
Baa3			+		
Ba1		+			
Ba2 以下		+	+		